

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06163481 A**(43) Date of publication of application: **10.06.94**

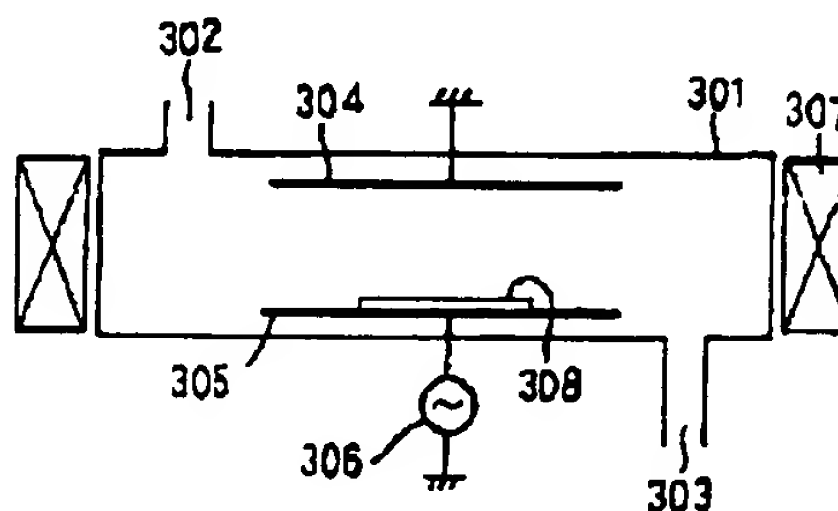
(51) Int. Cl.

**H01L 21/302**(21) Application number: **04333638**(22) Date of filing: **18.11.92**(71) Applicant: **NIPPONDENSO CO LTD**(72) Inventor:  
**KOMURA ATSUSHI**  
**SAKANO YOSHIKAZU**  
**KONDO KENJI**  
**MIURA SHOJI**  
**KIN HIROITSU**  
**SANPEI TETSUHIKO**(54) **DRY ETCHING METHOD OF SEMICONDUCTOR**

## (57) Abstract:

**PURPOSE:** To enable a preferable deep trench in good shape and reproducibility to be efficiently formed with high precision by a method wherein the mixed gas comprising a bromine containing gas, a halogen element containing gas and nitrogen gas is used as an etching gas of a silicon substrate.

**CONSTITUTION:** A silicon substrate 308 is dry etched away using the mixed gas comprising a bromine containing gas, a halogen element containing gas and nitrogen gas. At this time, the flow rate of nitrogen gas is specified to have a specific ratio to that of the bromine containing gas for controlling the etching rate and the inclination of the deep trench. For example, an RIE device as shown in figure is used so that the Si substrate 308 may be arranged on a lower electrode 305 to lead-in an etching gas comprising HBr, SF<sub>6</sub> and N<sub>2</sub> from a gas leading-in port 302 for exhausting the etching gas from an exhaust port 303. Finally, the space between electrodes 304, 305 is fed with a power of 13.56MHz from a high frequency power supply 306 to produce gas plasma in the same space between the electrodes 304, 305 for etching away the Si substrate 308.



COPYRIGHT: (C)1994,JPO&amp;Japio

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H01L 21/302

識別記号

J 9277-4M

A 9277-4M

F 9277-4M

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数2(全7頁)

(21)出願番号

特願平4-333638

(22)出願日

平成4年(1992)11月18日

(71)出願人 000004260

日本電装株式会社

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72)発明者 小邑 篤

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装株式会社内

(72)発明者 坂野 芳和

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装株式会社内

(72)発明者 近藤 憲司

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装株式会社内

(74)代理人 弁理士 藤谷 修

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体のドライエッチング方法

(57)【要約】

【目的】シリコン基板に制御して深溝を形成する方法を提供する。

【構成】ドライエッチング装置に、RIE(反応性イオン・エッチング)装置を用い、エッチングガスには、Br系ガスとしてHBr、ハロゲン系ガスとしてSP<sub>3</sub>、およびN<sub>2</sub>ガスとした。その結果、対SiO<sub>2</sub>選択比が低下することなく、N<sub>2</sub>の流量により側壁角度が約60度から90度の範囲で望む角度に設定でき、それとは独立にSP<sub>3</sub>によりエッチング残渣も減少できた。深溝の側壁表面も非常に滑らかで、かなり広範囲な条件で良好な底形状が保たれていた。エッチング速度も、約800nm/分と、十分に生産の実用レベルであった。当実施例のエッチングガス構成で、流量制御等を行い、大幅にエッチング残渣を低減しつつ、側壁角度を制御でき、再現性よく深溝を形成できる方法を提供できた。

エッチング速度	エッチング深さ	ボア・イング	対SiO <sub>2</sub> 比	側壁角	エッチングガス	比較例
17nm/Chip	800 nm/分	60°	23	67°	HBr/SP <sub>3</sub> /N <sub>2</sub>	比較例D
40nm/Chip	750 nm/分	60°	23	65°	HBr	比較例C
50nm/Chip	800 nm/分	60°	23	65°	HBr/SP <sub>3</sub>	比較例B
100以上	1200 nm/分	-	52	x	HBr/SP <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	比較例A
50nm/Chip	550 nm/分	60°	21	91°	HBr/Cl <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	比較例E

9/ (SP<sub>3</sub> 212)  
S/P/F/B  
10/26/2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリコン基板をドライエッチングする方法において、

臭素を含有するガスと、

ハロゲン元素を含有するガスと、

窒素ガスとから成る混合ガスを用い、前記臭素を含有するガスの流量に対して前記窒素ガスの流量を所定の割合にすることで、エッチング速度、深溝の傾斜を制御することを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項2】 請求項1に記載のドライエッチング方法において、

臭素を含有するガスに対して窒素ガスが1～50%以下の範囲であることを特徴とするドライエッチング方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、シリコン(Si)基板をドライエッチングによって深溝形状や深孔形状を加工する方法に関し、特にDRAM半導体装置などのSiを材料とした製品を製造する分野に役立つ。

## 【0002】

【従来の技術】本発明が解決しようとする対象にしている、表面を選択的に深く掘り下げる深溝(トレンチ)は、半導体の高集積化、高耐圧化を実現させるために必要とされている。その形状は、半導体製造過程上および半導体特性上から、図1の(a)に示すように側面がわずかにテーパ状に傾きかつ滑らかで、底部の形状も半円形であることが望ましく、その形成技術の確立が必要となっている。望ましくない形状は図1の(b)から(h)に示す形状である。

【0003】従来、Siのドライエッチングは、深溝(深孔形状も同様、以下深溝のみをあげる)に限らず、特公昭57-11954号公報や特公昭59-22374号公報で開示されているごとく、フッ素を含有するガス(以下「F系ガス」と記す)、塩素を含有するガス(以下「Cl系ガス」と記す)、臭素を含有するガス(以下「Br系ガス」と記す)などが一般に用いられている。通常、深溝の形成は、図2に示すように、Si基板201上に絶縁体SiO<sub>2</sub>のマスク202を形成した後(図2の(a))、マスクをパターン形成し(図2の(b))、エッチングを行う(図2の(c))。なお、集積回路形成等の工程は省略してあ

る。

【0004】現在、深溝の形成は、例えばRIE(Reactive Ion Etching: 反応性イオン・エッチング)装置を用いてBr系ガス、F系ガス、Cl系ガスなどのガス雰囲気中でエッチングすることでその実現が試みられているけれども、まだ生産に結びつく程の確実な安定した方法は知られていない。知られている方法のうちでは、エッチングガスSiCl<sub>4</sub>と不活性ガスを混合し、そのガス圧力制御でもってドライエッチングを行うと深溝の側壁形状の制御ができるとの報告がある。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、図2の

(c)の深溝の形成のとき、この工程でSi基板201部分だけでなくSiO<sub>2</sub>マスク202も一部エッチングされ薄くなる(図2の203)。このマスク減少のしにくさを示すのが「対SiO<sub>2</sub>選択比」で、この値が大きいほど深溝が作りやすい。対SiO<sub>2</sub>選択比が小さい値では所定の深さまでエッチングされる前にマスクが無くなり、基板のSiが浸食されてしまうからである。従って対SiO<sub>2</sub>選択比の大きいエッチングガスが求められるが、一般的にF系ガスは対SiO<sub>2</sub>選択比が低く、全方向へ反応が進む等方性エッチングになりやすいという問題がある。

【0006】また、半導体装置の多様化、高性能化に伴い、歩留りを高めるために深溝形成もエッチング残留物を無くすることが求められる。エッチング残留物の発生の機構は、図4に示されるように、エッチング前の(a)の状態でマスクパターン上のSiがむき出しになった所403にゴミやパーティクルなどが付着していたり(404)、エッチング中にマスクの破片やエッチング時に生成される反応生成物(エッチングがされにくいもの)が付着したりして、正常なエッチングが阻害されて最終的に図4の(b)の405のようになってしまうもので、ブラックSiまたはSiブラックと呼ばれ、歩留りが落ちるなどの問題がある。一般的にはF系ガス、Cl系ガス、Br系ガスの順でブラックSiの量が増えるという問題がある。けれども、上記の順で、後者ほど側壁形状は整ってくるという利点はある。

【0007】ところが、従来の技術では、特公昭59-67635号公報に開示されているように、Siを垂直にエッチングする一般的な方法が提供されているが、この方法による深溝は約5μm程度までで、これ以上深くエッチングしようとする、深溝の形状が一様でなくなったり、逆に形状を追求すると、残留物が発生したりする問題があったりして、必ずしも安定した形状の、かつ高精度な満足の行く深溝を形成するに至っていない。このため、様々なエッチングガスの特徴を引き出せるようにガスを混合して用いている場合もあるが、同時に全ての問題を解決して生産に結びつくエッチング方法は提案されていない。

【0008】また、米国特許4784720に、深溝の側壁に生成物を選択的に付着させて深溝の形状を制御することが開示されているが、上記に示すエッチング生成物を選択的に付着させ形状制御を行なう方法はエッチング残渣が発生しやすい。残渣をそのままにしておくとリーク、耐圧不良のため歩留りが落ちるという問題があり、工程を追加して除去していかなければならない。また、SiCl<sub>4</sub>と不活性ガスを混合し、そのガス圧力制御でもって深溝の側壁形状の制御ができるとの前述の報告では、不活性ガスが特定されておらず、他のエッチングガスについては触れられていない。

【0009】本発明は上記の問題点を同時に解決して、形状の整った再現性のある望ましい深溝形成を効率良く高精度に実現することが目的である。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記の問題点を解決するために、シリコン基板のエッチングガスとして、臭素を含有するガス（以下、「Br系ガス」と記す）と、ハロゲン元素を含有するガス（以下、「X系ガス」と記す）と、窒素ガス（以下「N<sub>2</sub>ガス」と記す）とを混合したガスを構成し、ドライエッチングする。その際、目標とする深溝形状に合わせてN<sub>2</sub>ガスの流量を調節する。

【0011】

【作用】上記の構成によるエッチングガスで、後述の実施例で明らかにされるような各種のパラメータを適切な値に設定してエッチングすると、主としてBr系ガスによってSi基板のエッチングが進み、X系ガスはエッチング残留物を揮発させて取り除く役割をなし、N<sub>2</sub>ガスはBr系ガスやX系ガスを抑制してエッチングが過剰になるのを防ぎ、かつそれが形状を制御する役割をなして目標の深溝を形成する。

【0012】

【発明の効果】後述の実施例で明らかにされるように、対SiO<sub>2</sub>選択比を悪化させることなく、N<sub>2</sub>ガスの流量制御によって深溝の側壁角度が制御された。また、それとは独立に、X系ガスによってエッチング残留物が大幅に低減できて、目標とする深溝を形成する方法を提供できた。

【0013】

【実施例】以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。ドライエッチング装置として、図3の模式断面図に示すようなRIE(Reactive Ion Etching: 反応性イオン・エッチング)装置を用いた。図3において、エッチング槽301に上部電極304と下部電極305があり、この下部電極305に対象とするSi基板308を配置し、ガス導入口302より下記に述べるエッチングガスが導入され、排気口303から排出される。この電極間に高周波電源306より13.56MHzの電力が供給され、電極間でガスプラズマが生じてSi基板のエッチングが行われる。なお、このRIE装置はエッチング槽の周りにマグネットコイル307が配置してあり、マグネ

トロン方式である。

【0014】上記RIE装置において、本実施例に用いたエッチングガスは、Br系ガスとしてHBr、X系ガスとしてSF<sub>6</sub>、それからN<sub>2</sub>ガスである。

【0015】上記のガス構成で、HBrの流量を20(SCCM)、SF<sub>6</sub>の流量を2および3(SCCM)、RIE装置の高周波電力を500(W)、混合ガスの圧力を100(mTorr)、図3の307に示すコイルの磁界強度を55(Gauss)として、N<sub>2</sub>ガスの流量を変化させてSi基板をエッチングし、その後、深溝

の側壁角度(図1の102)を測定した。その結果、図5のように、側壁角度が垂直な領域で比例的な関係が得られており、N<sub>2</sub>ガスの流量によって側壁角度が約60度から90度の範囲で望む角度に設定できることが示された。なお、図6に示すように、N<sub>2</sub>ガスの流量によって対SiO<sub>2</sub>選択比も変化するが、流量が増えるにつれて大きくなるため、深溝の形成に有利に働く。

【0016】このN<sub>2</sub>ガスの働きは、次のように推定される。N<sub>2</sub>はエッチング時プラズマ中で分解してNラジカルを生成し、これが気相中でSi又はエッチング生成物と反応してSiNを生成する。これが側壁を覆い、余分なエッチングが進行するのを妨げ、かつ側壁角度の制御になる。同時にSiO<sub>2</sub>マスクも覆うのでSiO<sub>2</sub>がエッチングされるのを妨げ、結果として対SiO<sub>2</sub>選択比を高める、ということである。

【0017】また、N<sub>2</sub>ガスを混ぜることによって、側壁の表面も非常に滑らかとなることも確認され、信頼性を高めるのに効果的である。

【0018】エッチングの残留物に対しては、図7に示すように、SF<sub>6</sub>の流量が増すにつれて減少し、比較的わずかなSF<sub>6</sub>流量で無くなってしまふことが明らかになった。エッチング残留物量は10μmパターン幅で1cm角のチップで残留個数を比較したものである。この仕組みは図8に示すように、Si基板801上にエッチングされない小物体803があったとしても、SF<sub>6</sub>がプラズマ中で分解して活性なFラジカル804を生成し、これが小物体803と反応して揮発してしまふため(805)と考えられる。ただし、残留物を完全に無くしてしまふ流量では対SiO<sub>2</sub>選択比が約10と比較的小さくなる結果が得られており、より深い深溝形成には不利になるが、目的の深溝の程度により最適になるよう調整可能である。

【0019】深溝形状に関しては、底面部での電界緩和やストレス緩和のため、底面が円弧状(ボトムラウンド)であることが望ましい。この形状に関し、各種実験を行った。その結果、図9に示すような、かなり広範囲な条件で良好な底形状を保つことが確かめられている。N<sub>2</sub>ガスの流量は、さらに0~30(SCCM)の範囲でもその効果があることが確かめられている。また、エッチング速度についても、約800nm/分(図12)と、十分に生産の実用レベルであることが確認されている。

【0020】又、エッチングガスを、他のガスに置き換えてエッチング残留物の量を比較してみた結果、図10のようになっており、上記の当実施例の構成が最も深溝形成に優れていることが明らかであった。図11は実施例と比較例のエッチング条件を示す。

【0021】以上のことから総合的に見て、図12に示すように、当実施例のエッチングガス構成で流量制御等を行い、大幅にエッチング残留物を低減しつつ、側壁角度を制御でき、再現性よく深溝を形成できる方法が提供

できた。

【0022】なお、当実施例におけるX系ガスは $\text{SF}_6$ でなくとも、他の例えば $\text{CF}_4$ 、 $\text{C}_2\text{F}_6$ 、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{NF}_3$ などでもよい。また、RIE装置の代わりにECR(Electron Cyclotron Resonance)装置でも同様な効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】様々な深溝の形状を示した断面図。そのうち(a)は理想的な形状の断面図。(b)から(h)は好ましくない形状の断面図。

【図2】深溝形成の簡略工程図。

【図3】本発明の実施例に用いたマグネトロンRIE(Reactive Ion Etching: 反応性イオン・エッチング)装置の模式的構造断面図。

【図4】エッチング残留物(ブラックSi)の発生の模式機構図。

【図5】実施例に用いたサンプルの深溝側壁角度の $\text{N}_2$ 流量依存特性図。

【図6】実施例に用いたサンプルの対 $\text{SiO}_2$ 選択比の $\text{N}_2$ 流量依存特性図。

【図7】エッチングの残留物の $\text{SF}_6$ 流量依存特性図。

【図8】 $\text{SF}_6$ によるエッチング残留物の低減をしめす模式機構図。

【図9】実施例に用いた深溝形状の良好な状態の設定範

囲図。

【図10】実施例と他のエッチングガスとのエッチング残留物量の比較結果図。

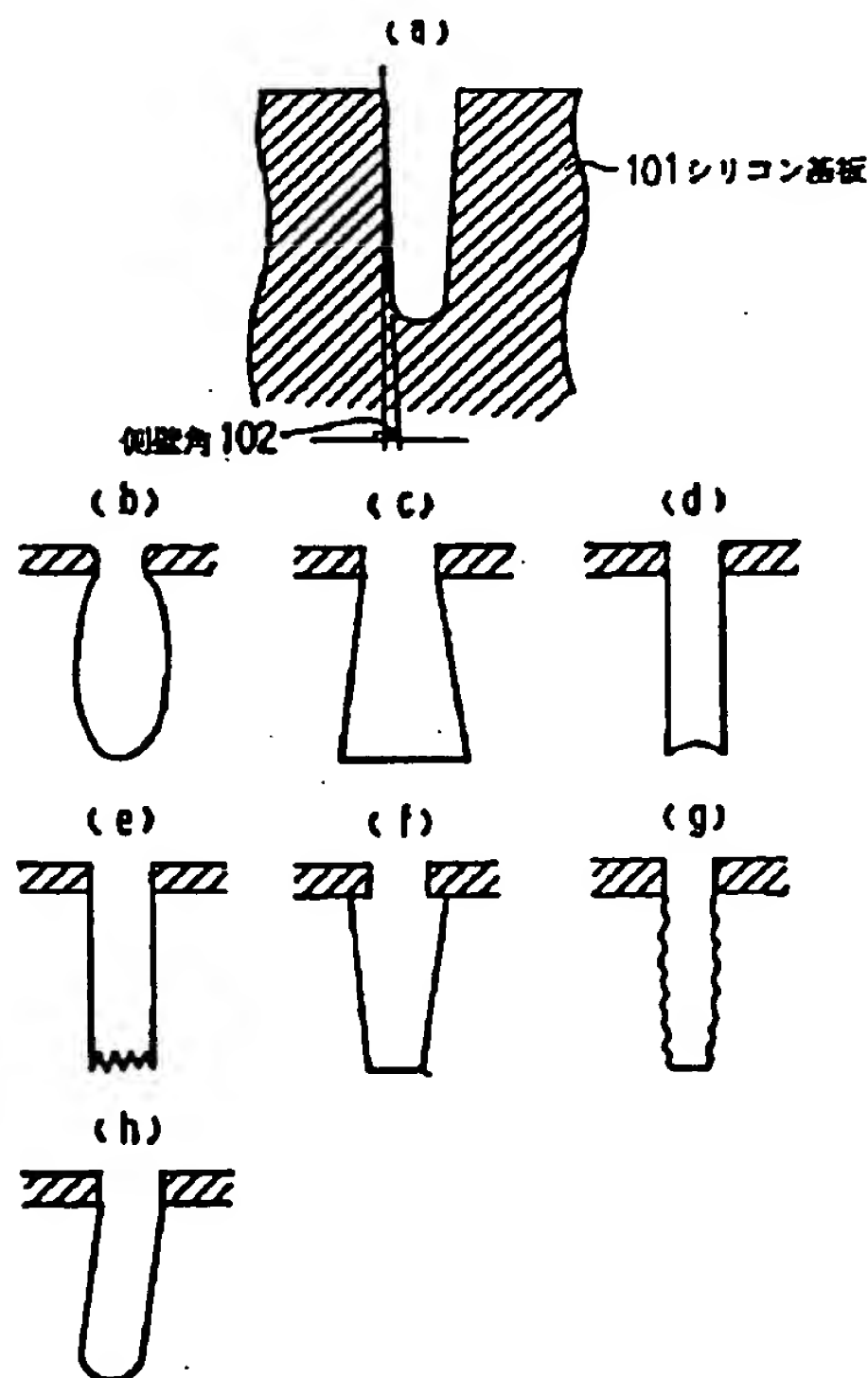
【図11】実施例と比較例のエッチング条件図。

【図12】実施例以外のエッチングガスとの比較結果図。

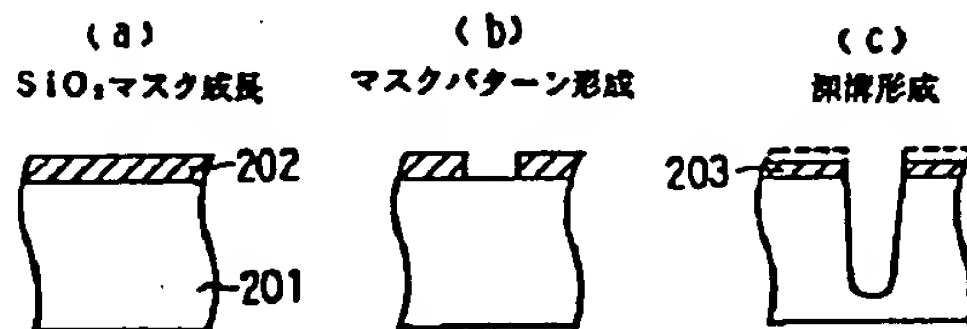
【符号の説明】

- |     |                                   |
|-----|-----------------------------------|
| 101 | Si基板                              |
| 102 | 深溝の側壁角度                           |
| 10  | 201 Si基板                          |
| 202 | $\text{SiO}_2$ マスク                |
| 203 | エッチングによって薄くなった $\text{SiO}_2$ マスク |
| 301 | RIE装置のエッチング槽                      |
| 308 | エッチング対象のSi基板                      |
| 401 | Si基板                              |
| 402 | $\text{SiO}_2$ マスク                |
| 403 | マスクパターンの窓(エッチングしたい部分)             |
| 404 | 残留物(堆積物)                          |
| 405 | エッチング残留物(ブラックSi)                  |
| 20  | 801 Si基板                          |
| 802 | $\text{SiO}_2$ マスク                |
| 803 | エッチングされないゴミなどの小物体                 |
| 804 | フッ素ラジカル                           |
| 805 | 揮発性物質                             |

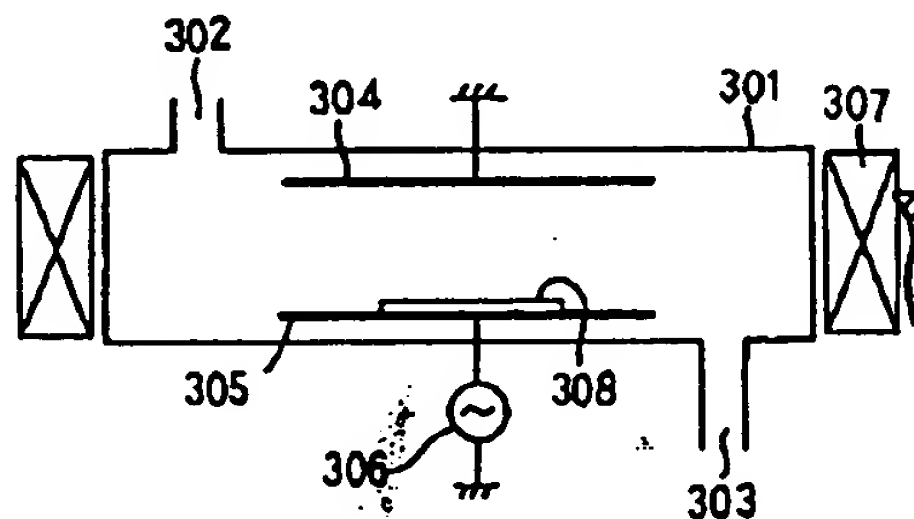
【図1】



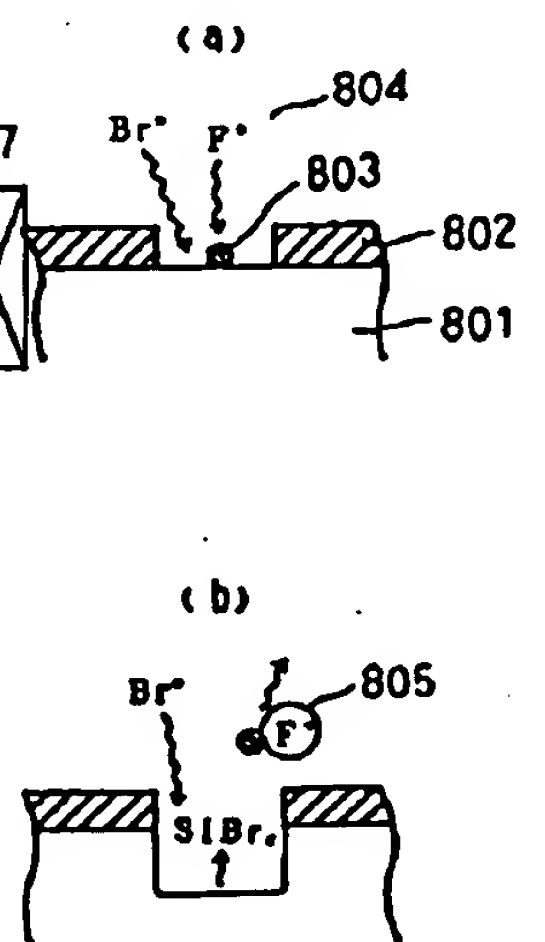
【図2】



【図3】

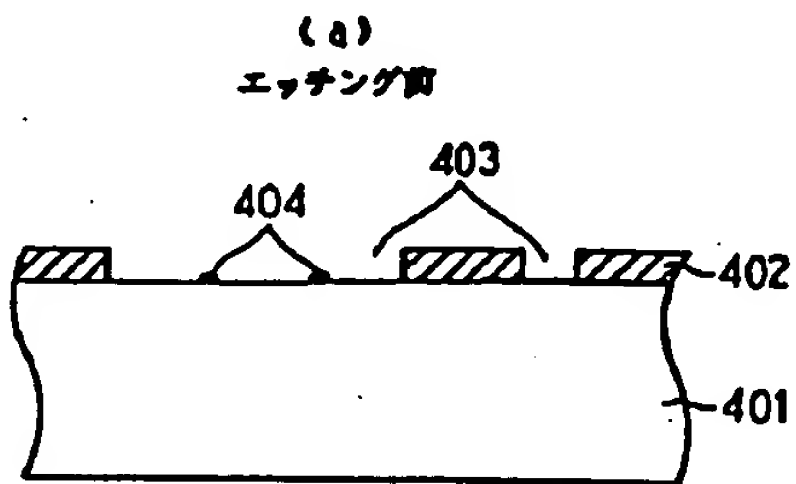


【図8】

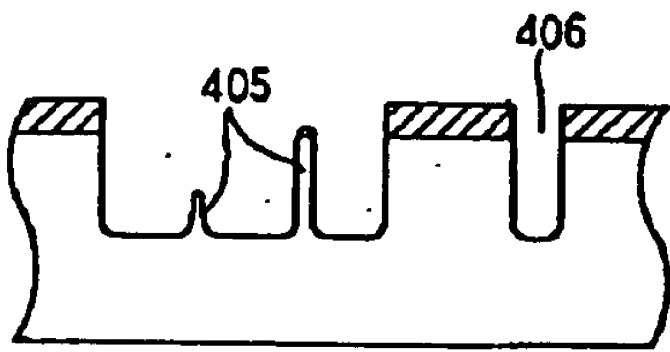




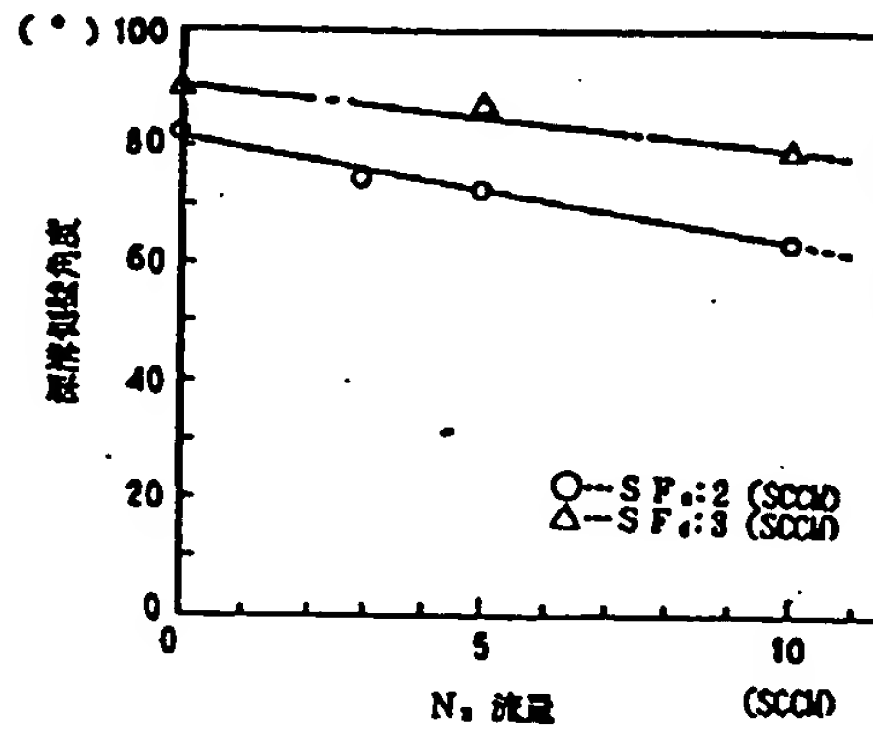
【図4】



(b)  
エッチング後



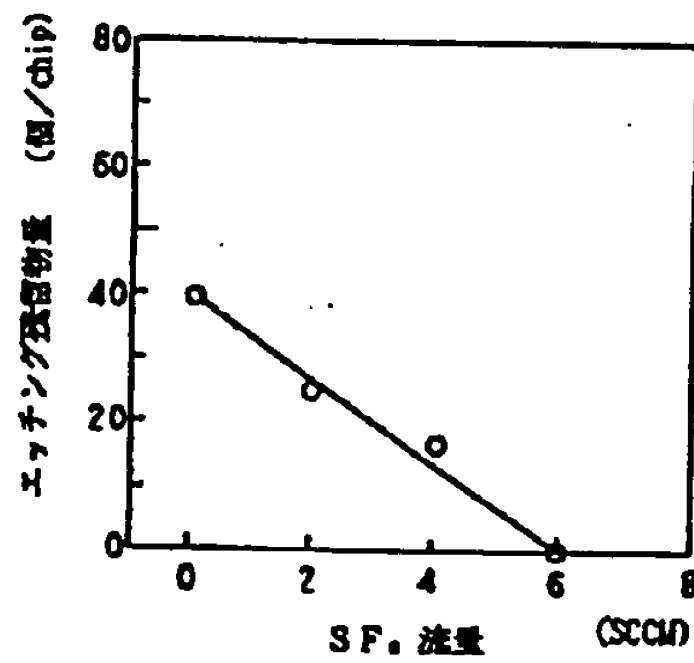
【図5】



【図9】

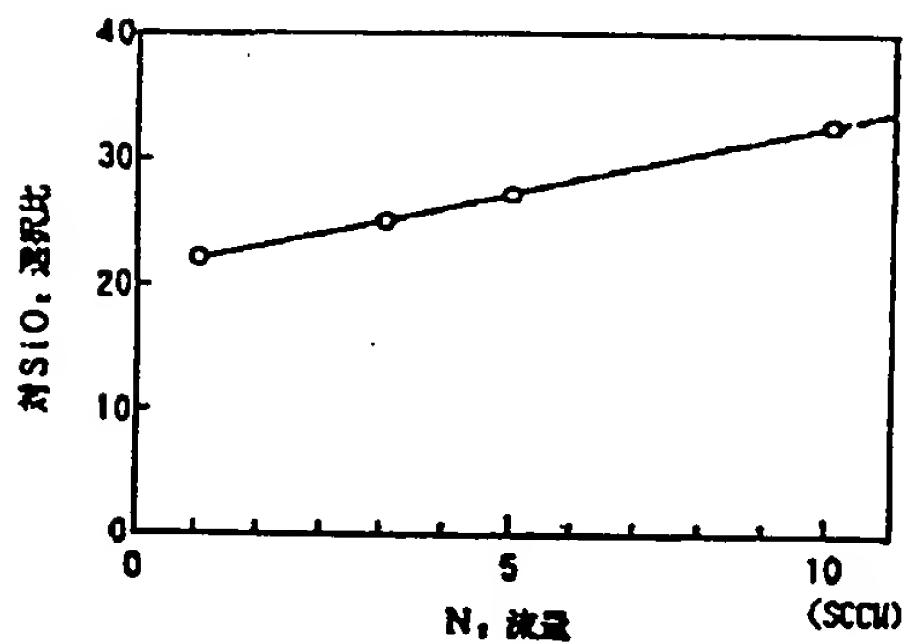
要 因	設 定 値
HBr 流量 (SCCM)	10 ~ 100
SF <sub>6</sub> 流量 (SCCM)	2 ~ 10
N <sub>2</sub> 流量 (SCCM)	3 ~ 10
高周波電力 (W)	200 ~ 600
ガス圧 (mTorr)	50 ~ 150
磁界強度 (Gauss)	0 ~ 100

【図7】



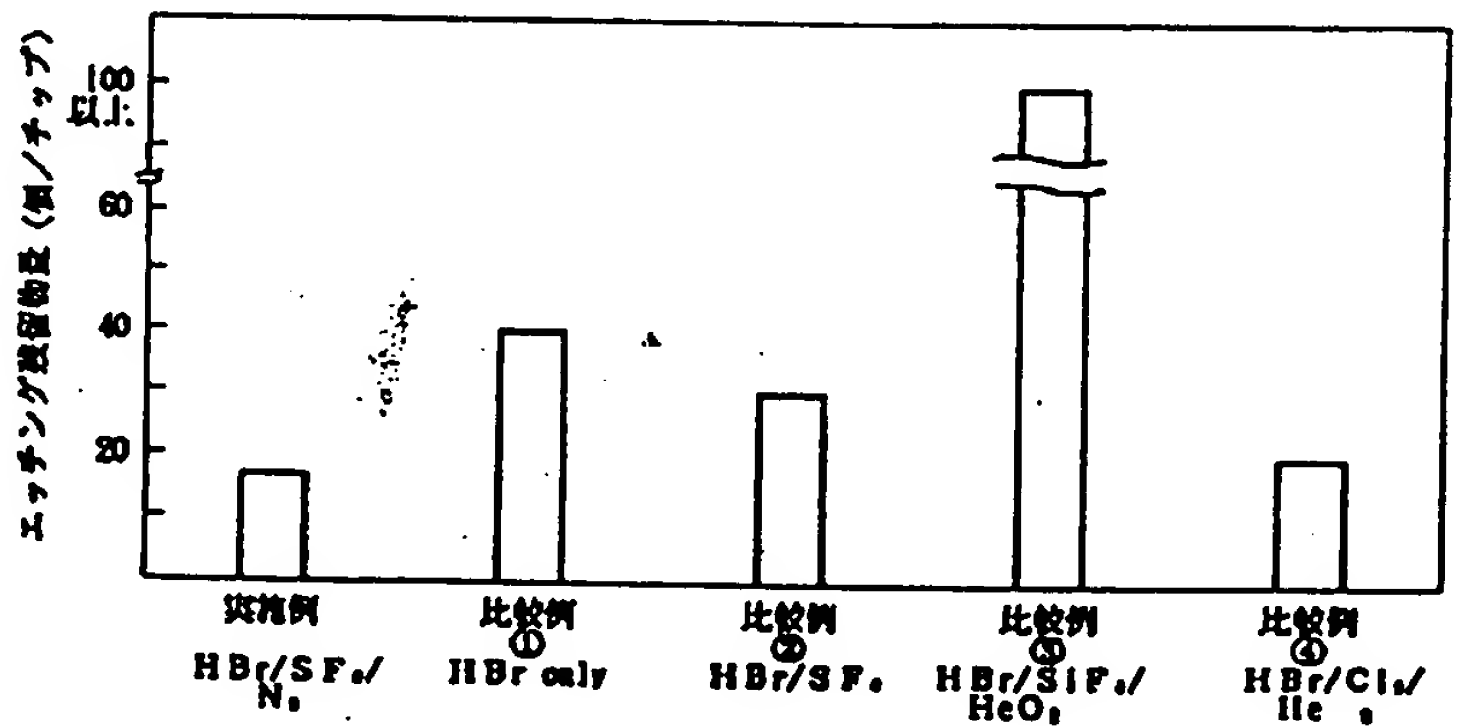
HBr : 20(SCCM)  
N<sub>2</sub> : 5(SCCM)  
RF Power : 500(W)  
圧力 : 100(mTorr)  
磁界 : 55(Gauss)

【図6】



HBr : 20(SCCM)  
SF<sub>6</sub> : 2(SCCM)  
RF Power : 500(W)  
圧力 : 100(mTorr)  
磁界 : 55(Gauss)

【図10】



【図11】

実施例及び比較例	実施例	比較例①	比較例②	比較例③	比較例④
	HBr/SF <sub>6</sub> /N <sub>2</sub>	HBr only	HBr/SF <sub>6</sub>	HBr/SiF <sub>4</sub> /HeO <sub>2</sub>	HBr/Cl <sub>2</sub> /HeO <sub>2</sub>
HBr 流量 (SCCM)	20	80	20	22	30
SiF <sub>4</sub> 流量 (SCCM)	—	—	—	5	—
HeO <sub>2</sub> 流量 (SCCM)	—	—	—	10	4
N <sub>2</sub> 流量 (SCCM)	5	—	—	—	—
SF <sub>6</sub> 流量 (SCCM)	3	—	2	—	—
Cl <sub>2</sub> 流量 (SCCM)	—	—	—	—	10
RF Power (W)	500	400	400	420	150
圧力 (mTorr)	100	100	100	100	20
磁界強度 (Gauss)	55	55	55	55	75

【図12】

	エッチングガス	側壁角度	対SiO <sub>2</sub> 選択比	ボーイング	エッチング速度	エッチング残留物
当実施例	HBr/SF <sub>6</sub> /N <sub>2</sub>	87°	25	無	800 nm/分	17個/Chip
比較例①	HBr	88°	25	無	750 nm/分	40個/Chip
比較例②	HBr/SF <sub>6</sub>	88°	25	無	800 nm/分	30個/Chip
比較例③	HBr/SiF <sub>4</sub> /HeO <sub>2</sub>	×	52	—	1200 nm/分	100 以上
比較例④	HBr/Cl <sub>2</sub> /HeO <sub>2</sub>	91°	21	有	950 nm/分	20個/Chip

フロントページの続き

(72)発明者 三浦 昭二  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電  
装株式会社内

(72)発明者 金 啓逸  
神奈川県愛甲郡愛川町中津3827-1 コー  
ポ愛川103

(72)発明者 三瓶 哲彦  
千葉県成田市郷部1212 ソフィティル306